

実時間処理による人工弁音の周波数分析 第2編 臨床的検討 第2編 実験的検討

著者	佐藤 尚
号	1098
発行年	1978
URL	http://hdl.handle.net/10097/19387

氏 名（本籍）
さ とう なおし
佐 藤 尚

学 位 の 種 類
医 学 博 士

学 位 記 番 号
医 第 1 0 9 8 号

学位授与年月日
昭 和 5 3 年 2 月 2 2 日

学位授与の要件
学位規則第 5 条第 2 項該当

最 終 学 歴
昭和 4 6 年 3 月
東北大学医学部医学科

学 位 論 文 題 目
実時間処理による人工弁音の周波数分析
第Ⅰ編 臨床的検討
第Ⅱ編 実験的検討

（主 査）

論文審査委員 教授 堀 内 藤 吾 教授 仲 田 祐

教授 滝 島 任

論文内容要旨

第 I 編 臨床的検討

§ 目的：人工弁置換術後機能不全は重篤な合併症でありその早期発見のためには非観血的手段による頻回のスクリーニングが望ましい。著者は血栓付着等により人工弁音の高周波成分が低下する現象に着目し、人工弁音の周波数スペクトル分析をおこなってきた。従来は *contour sound spectrography* を使用していたが操作が繁雑で分析時間が長いなどの問題があり、あらたに実時間処理の可能な分析装置を開発し、多症例に対する分析を可能とした。本研究はその装置を使用して人工弁置換術後症例に対する周波数分析をおこない、血栓弁、脳栓塞症等合併症例群および非合併症例群の人工弁音周波数スペクトル上の特性を明らかにし、これにもとづいて本法による人工弁機能不全例の診断を行なうことを目的とした。

§ 方法：分析装置は 30 個のバンドパスフィルターおよび記憶装置を内蔵したもので、心音図上の任意の時点における周波数スペクトルを 150 Hz 毎のステップ表示で描出する。人工弁音に含まれる高周波成分の量を表わす指標としてスペクトル像中、最大音圧を 36 db で正規化し、その -30 db レベルでの最高周波数 (*normalized maximal frequency, NMF*) を使用した。分析対象は Starr-Edwards (S-E) 6520, 6120 弁, Kay-Shiley (K-S) 弁, Björk-Shiley (B-S) 弁による僧帽弁置換症例 (MVR) 計 80 例, S-E 2320 弁, B-S 弁, Smeiloff-Cutter 弁による大動脈弁置換症例 (AVR) 計 45 例, および S-E 6520 弁による三尖弁置換症例 (TVR) 2 例の計 127 例に対し、223 回の分析をおこなった。分析症例中血栓弁症例は S-E 6120 弁による MVR の 1 例, K-S 弁による MVR の 2 例および S-E 6520 弁による TVR の 1 例であった。

§ 成績ならびに考案：(a) 非合併群の人工弁音周波数スペクトル。S-E 6520 弁使用の 82 例について NMF 値の時間経過をみると数年間にわたって変化がなく、3 年以上の分析間隔のある 7 症例について前後の比較をおこなったが最大変化を示した例でも変動幅は 300 Hz で NMF 値の有意な経時的変化を認めなかった。閉鎖音と開放音との関係をしらべると *tilting disc* 型の B-S 弁のみで前者が有意に高い NMF 値を示し、他の機種では有意の差は認められなかった。心房細動症例で心電図 R-R 間隔の $\pm 40\%$ の変動に対して NMF 値に変化がなく、この範囲内での血行動態因子の変化は NMF 値に影響をおよぼさないと判断された。人工弁機種毎の NMF 値は正規分布をとり、弁機種間の較差を見るとシリコン弁は他材質による弁機種より有意に低い NMF 値を示していた。(b) 血栓弁症例。K-S 弁による MVR の 2 例ではいずれも閉鎖音 NMF 値が、K-S 弁の非合併群 $\text{mean} - 2\text{SD}$ による正常下限より低下し、健常時との比較が可能だった 1 例では 900 Hz

の低下が認められた。S-E 6520 弁による TVR の 1 例では開放音 NMF 値が正常下限以下に低下し、健常時の分析値より 1050 Hz 低下していた。S-E 6120 弁による MVR の 1 例では開放音 NMF 値が正常下限値以下の値を示した。(c) 脳栓塞症例。7 例の脳栓塞症例中 4 例で正常下限以下の NMF 値が記録されたが、3 例では正常範囲内であり、必ずしも異常低値を示すとは限らなかった。

§ 結論：血栓弁症例は全例、閉鎖あるいは開放音の NMF 値が非合併群の mean - 2 SD により設定された正常下限値より低下しており、周波数分析による血栓弁診断上、極めて有力な診断基準であった。また測定誤差を考慮しても健常時と較べて 600 Hz 以上の NMF 値の減少があれば異常所見と見做し得ると判断され、本法の血栓弁に対する診断法の有用性が示された。

第Ⅱ編 実験的検討

§ 目的：付着血栓の付着部位および厚さと弁音の高周波成分の減少との量的関係をモデル実験により対比検討し、本法による人工弁機能不全、特に血栓弁の診断の限界を究明するのを目的とした。

§ 方法：血栓弁モデルは S-E 2320, 6120 の両弁を用い、弁の strut または valve ring に犬心膜を縫着して作成した。心膜は重ねる枚数によって 0.4 mm から 1.2 mm まで厚さを変化させ、縫着部位により以下の 4 群に分類した。Ⅰ群 strut の交差部、Ⅱ群 開放時に occluder と接する strut の全面、Ⅲ群 valve ring の 1 点、Ⅳ群 valve ring の 3 点。使用したモデル循環は、ventricular pump, atrial pump, compliance chamber, resistance chamber, venous reservoir より構成され、生理的な圧、流量波型を作成するものである。臨床例と同様、弁音の NMF 値を測定し、同機種人工弁を使用した臨床例についての正常下限、ならびに 600 Hz の減少幅にそれぞれモデルの対照群平均値／臨床例平均値比を乗じてモデル実験における診断基準とした。

§ 結果：Ⅱ, Ⅳ群等、occluder と strut あるいは valve ring とが心膜に妨げられて直接接しない縫着様式の群では縫着心膜の厚さに対応して NMF 値が減少し、0.6～0.8 mm 厚程度の心膜により正常下限値以下もしくは 600 Hz 以上の減少値が認められた。一方、Ⅰ, Ⅲ群等、心膜を縫着しても occluder と strut あるいは valve ring とが直接接触する群では、Ⅱ, Ⅳ群より NMF 値の変化が少なかった。

§ 結論：血栓の付着部位で異なるが Echo 法、心血管造影などで検出不可能な 0.6～0.8 mm 厚程度の血栓が本法により診断可能と推定され、人工弁音周波数分析法が血栓弁の早期診断法として有用であると考えられた。

審 査 結 果 の 要 旨

近年弁膜疾患に対する人工弁置換術は広く行なわれ安定した成績を挙げているが、現在用いられている人工弁は材質および機構に関する多くの改良にもかかわらずなお完全なものではなく、術後経過中に人工弁機能不全、血栓塞栓症などの合併症の発生をみている。これらの合併症は極めて重篤であり、その早期発見には非観血的手段による頻回の検査を必要とする。著者はこの問題を解決するため、人工弁音が血栓付着などによりその高周波成分の低下を示すことに着目し、127例の人工弁置換例を対象とし実時間処理人工弁音周波数分析装置による人工弁音の周波数スペクトル分析を行ない、血栓弁、脳塞栓合併例および非合併例の人工弁音周波数スペクトル上の特性を明らかにし、これにもとづき本法による血栓弁診断の有効性を示した。さらに付着血栓の部位および厚さと高周波成分減少の量的関係をみる目的で犬の心膜を用いた血栓弁モデルを作成し、モデル循環回路により本法による血栓弁診断の限界を示した。

著者は人工弁音に含まれる高周波成分の量の指標として人工弁音スペクトル像中、最大音を36 dbで正規化し、その-30 dbレベルでの最高周波数(normalized maximal frequency, NMF)を使用した。これによると人工弁機種毎のNMFは正規分布をとり、シリコン弁は他材質の弁に比し有意に低いNMFを示した。経時的観察によりNMFの変化は認められず、さらに心房細動例では心電図R-R間隔の±40%の変動に対してもNMFに変化なく、同一症例においてはNMFの変動が弁機能を示す指標となりうることが示唆された。血栓弁症例は全例、弁開放あるいは閉鎖音のNMFが非合併例のmean-2SDにより設定された正常下限界以下の値を示した。また実験例においては、人工弁のoccluderとstrutあるいはvalve ringとの接触をさまたげる位置に心膜片を装着した群では、0.6~0.8 mm厚程度でNMFは正常下限以下に低下もしくは600 Hz以上の減少を認めた。一方occluderとstrutあるいはvalve ringとが直接接触する群ではNMFの変化は少なかった。

人工弁機能不全の早期診断は、弁膜疾患に対する外科治療成績上極めて重要であるが、著者の方法は超音波診断法、心血管造影法、心血管造影法などで検出不能な微少な血栓付着の検出が可能であり、血栓弁の早期診断上極めて有用である。また現在のところ人工弁音の周波数スペクトル分析を実時間処理で行なった報告、人工弁音の高周波成分の量を正規化した報告はない。この研究の結果により、血栓による人工弁機能不全は診断規準が確立され、同時に早期にかつ容易に診断が行なえることが期待され、人工弁置換手術の成績向上に資するところ極めて大と考えられる。よって学位授与に値するものと認める。